

## Landsat ETM+ Uydu Görüntüsü Yardımıyla Bazı Meşçere Parametrelerinin Tahmini (Reşadiye Orman İşletme Şefliği Örneği)

Cem YILMAZ<sup>1</sup>, Muammer ŞENYURT<sup>2\*</sup>, Aikan GÜNLÜ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Niksar Orman İşletme Müdürlüğü, Niksar Ağaçlandırma ve Toprak Muhafaza Şefliği, 60600, TOKAT

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Ekonomisi Anabilim Dalı 18200 ÇANKIRI

\*Sorumlu yazar: muammer1907@gmail.com

### Öz

Bu çalışmada, Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Niksar Orman İşletme Müdürlüğü, Reşadiye Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan meşçerelerden alınan örnek alanlardan elde edilen çeşitli meşçere özellikleri (meşçere hacmi, göğüs yüzeyi, göğüs yüzeyi orta ağacı çapı ve ağaç sayısı) ile Landsat ETM+ uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerlerinin kullanılmasıyla elde edilen vejetasyon indis değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler, çoğul regresyon analizi ile modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, meşçere orta çapı ile ETM 1, ETM 3, ETM 4, ETM 5 ve ETM 7 parlaklık değerleri ( $R^2=0,488$ ,  $S_{yx}=3,639$ ) ve SR53 ile ASVI vejetasyon indislerini ( $R^2=0,525$ ,  $S_{yx}=2,0509$ ) içeren değişkenler arasında ilişkiler tespit edilmiştir. Göğüs yüzeyi ile ETM 1, ETM 3 ve ETM 4 parlaklık değerleri ( $R^2=0,409$ ,  $S_{yx} = 5,9043$ ) ve ARVI, MSVAI ve NR vejetasyon indislerini ( $R^2=0,479$ ,  $S_{yx}=3,7959$ ) içeren bağımsız değişkenler ile ilişkiler tespit edilmiştir. Ağaç sayısı ile ETM 1, ETM 5 ve ETM 7 parlaklık değerlerini ( $R^2=0,367$ ,  $S_{yx}=87,7536$ ) ve ND73 ile ASVI vejetasyon indislerini ( $R^2=0,446$ ,  $S_{yx}=66,0039$ ) içeren değişkenler ile ilişkiler elde edilmiştir. Meşçere hacmi ile ETM 1, ETM 3 ve ETM 4 ( $R^2=0,453$ ,  $S_{yx}=63,3279$ ) ve SR43, SR53, SR54, ND53, ND32, ND73, ASVI, MSAVI ve NR vejetasyon indislerini ( $R^2=0,587$ ,  $S_{yx}=45,8345$ ) içeren bağımsız değişkenler arasında ilişkiler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; meşçere parametrelerinin tahmin edilmesinde vejetasyon indis değerleri kullanılarak elde edilen modellerin bant parlaklık değerlerine göre elde edilen modellerden daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Landsat ETM+ uydu görüntüsü, Meşçere parametreleri, Reşadiye Orman İşletme Şefliği, Regresyon analizi.

### Estimation of Some Stand Parameters Using Landsat ETM+ Satellite Image: A Case Study in Reşadiye Forest Planning Unit

#### Abstract

In this study, the relationships between some stand attributes and the band brightness values and vegetation indices obtained from Landsat ETM+ image were modeled by using multiple regression analysis for forest stands located in Reşadiye Forest Planning Units, Niksar Forest Enterprise, and Amasya Forestry Regional Directorate. According to the results obtained from this study, significant relations were found between stand mean diameter and brightness values of ETM 1, ETM 3, ETM 4, ETM 5 and ETM 7 ( $R^2=0.488$ ,  $S_{yx} = 3.639$ ) and SR53 and ASVI vegetation indices ( $R^2=0.525$ ,  $S_{yx} = 2.0509$ ); between basal area and ETM 1, ETM 3 and ETM 4 brightness values ( $R^2=0.409$ ,  $S_{yx} = 5.9043$ ) and ARVI, MSVAI and NR vegetation indices ( $R^2=0.479$ ,  $S_{yx} = 3.7959$ ); between tree density and ETM 1, ETM 5 and ETM 7 brightness values ( $R^2=0.367$ ,  $S_{yx} = 87.7536$ ) and ND73 and ASVI vegetation indices, ( $R^2=0.446$ ,  $S_{yx} = 66.0039$ ); and between stand volume and ETM 1, ETM 3 brightness ( $R^2=0.453$ ,  $S_{yx}=63.3279$ ) and ETM and SR43, SR53, SR54, ND53, ND32, ND73, ASVI, MSAVI and NR ( $R^2=0.587$ ,  $S_{yx}=45.8345$ ). This study concludes that the regression models developed with Landsat ETM+ vegetation indices were able to estimate stand characteristics better than do the Landsat ETM+band brightness values.

**Key Words:** Landsat ETM+ satellite image, Reşadiye Forest Planning Unit, Stand parameters, Regression analysis.

#### 1. GİRİŞ

Aktif bir yapı oluşturan orman ekosistemini tanımlayabilmek için meşçere parametrelerinin

yersel dağılımının ve istatistiksel bilgilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgiler ormanların planlanması ve sürdürülebilir yönetimi için önemlidir (İnan 2004). Ormanlık faaliyetlerinde

envanter, sahada yapılan yersel ölçümler veya uzaktan algılama verileri (uydu görüntüsü-hava fotoğrafı) ya da bu iki tekniğin beraber kullanılmasıyla oluşmaktadır. Çok geniş alanlarda gerçekleştirilen ormancılık faaliyetleri, meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı gibi meşcere parametrelerinin bilinmesini gerekli kılmaktadır. Altyapıyı oluşturan bu yersel ölçümler elde edilmesi oldukça zor, maliyetli, zaman gerektiren bir çalışmadır (Hyypä et al. 2000, Günlü et al. 2008, Günlü et al. 2013). Ülkemizin vazgeçilmez olan doğal kaynaklarından biri olan ormanların mevcut durumu, gelişim sürecinin izlenmesi ve verilerin sürekli yenilenerek yapılan çalışmaların yanında, yersel ölçümlerde dâhil edilerek amacına uygun uzaktan algılama (UA) verilerinin kullanılması, doğru, hızlı ve az maliyetli bilgi oluşmasını sağlayacaktır (Musaoğlu 1999). UA verileri geniş alanlara ait bilgilerin değerlendirmesinde hızlı bir veri toplama şekli olmasıyla kullanım alanı sürekli artmaktadır. Uydu görüntüsüne ait veriler, bölgesel olarak ormanlar ve arazi kullanımları izlenmesi için önemli bir kaynaklardır (Varjo 1995, Botkin et al. 1984, Elijah et al. 1996, Musaoğlu1999). Landsat, Ikonos, Aster, Quickbird, Worldview, Spot vb. uydu görüntüleri kullanılarak meşcere parametrelerini tahmin etmeye yönelik çalımlar literatürde yer almaktadır. Bunlarla beraber, çevreye ait bilgiler (ekosistem, arazi yüzeyi, flora, fauna vb.), insanların etkileri (yerleşim alanları, şehir planlaması vb.) sonucu oluşan veriler gibi durumların ve birçok durumun belirlenmesinde de uzaktan algılamadan yararlanılmaktadır (Köse et al. 2002). Son yıllarda uydu görüntüleri (özellikle Landsat uydu görüntüleri) kullanılarak meşcere parametrelerinin tahminine yönelik birçok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır.

Bu çalışmada, Reşadiye Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan ormanlarda, Landsat ETM uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerlerinin kullanılmasıyla hesaplanan vejetasyon indisleri yardımıyla meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı

ve meşcere orta çapının tahminine ilişkin regresyon denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

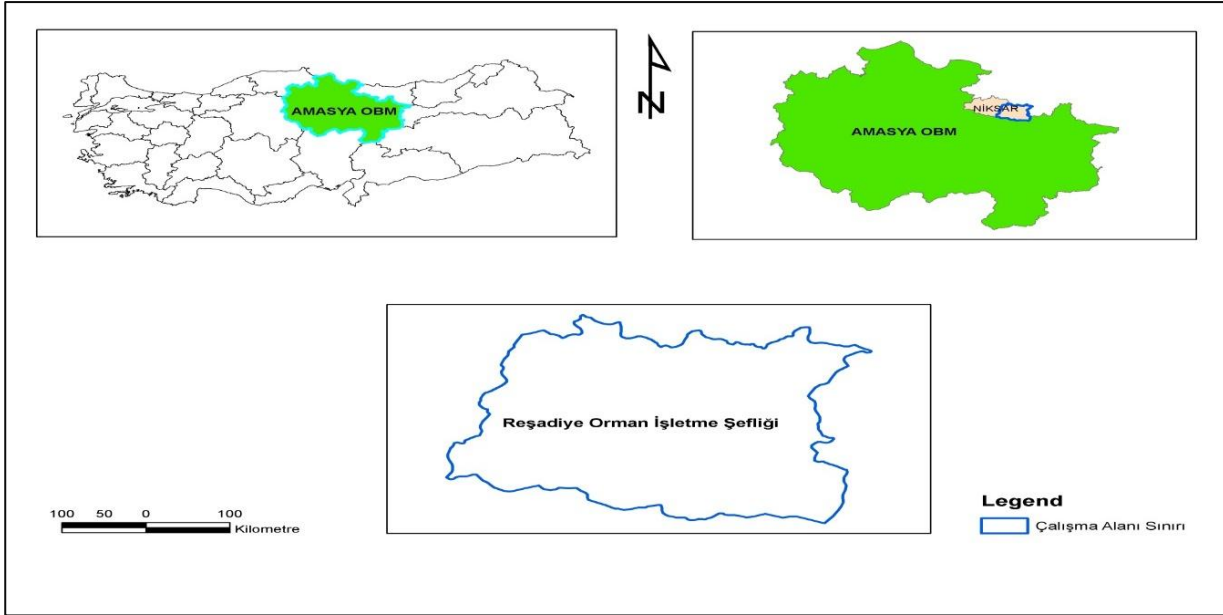
Bu çalışmada, Yılmaz (2017) tarafından elde edilen örnek alan verilerinden yararlanılmıştır. Yılmaz (2017) çalışmasında, Reşadiye Orman İşletme Şefliğinin 2012 yılında orman amenajman planının yenilenmesi amacıyla yapılan envanter çalışmasında alınan örnek alan verilerini kullanmıştır (OGM, 2012). Bu envanter çalışmasında, 300 m x 300 m aralıklarla 669 adet örnek alan alınmış ve orman envanteri ölçümleri yapılmıştır. Envanter ölçümleri ile birlikte,

Reşadiye Orman İşletme Şefliği orman amenajmanı meşcere haritası,

2012 tarihli Landsat ETM+ uydu görüntüsüne ait ETM 1, ETM 2, ETM 3, ETM 4, ETM 5 ve ETM 7 bantları materyal olarak kullanılmıştır.

### 2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Reşadiye Orman İşletme Şefliği; Amasya Orman Bölge Müdürlüğü. Niksar Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı 37° 09' 01" - 37° 38' 33" doğu boylamları ve 40° 38' 29"- 40° 19' 36" Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Toplam alanı 70894,2 ha olup, bunun 27679,8 ha'ı ormanlık, 43214,4 ha'ı da ormansız alanlardan oluşmaktadır. Ormanlık alanın 20501,2 ha'ı normal kapalı orman, 7178,6 ha'ı ise boşluklu kapalı orman vasfındadır. Çalışma alanının ortalama yükseltisi 1285 m'dir. Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 12,4° ve ortalama yağışı ise 434,8 mm'dir. Çalışma alanında Kızılçam (*Pinus brutia*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Sedir (*Cedrus*), Ardıç (*Juniperus spp.*), Kayın (*Fagus*), Meşe (*Quercus ssp.*) ve Gürgen (*Carpinus*) hakim ağaç türleridir. Çalışma alanının Türkiye üzerindeki konumunu gösterir harita Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu

## 2.2. Envanter Karnelerine İlişkin Değerlendirmeler

Meşcere parametrelerinin belirlenmesinde, Reşadiye Orman İşletme Şefliğinin amenajman planının yenilenmesi aşamasında araziden alınan envanter karneleri kullanılmıştır. Örnek alanlara ilişkin envanter karnesi verilerinden yararlanarak her bir örnek alana ilişkin meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, göğüs yüzeyi orta ağacı çapı ve ağaç sayısı örnek alan bazında hesaplama yapılmıştır. Örnek alan büyüklüğüne bağlı olarak örnek alan bazında hesaplanan meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı gibi meşcere parametrelerine ilişkin değerler hektara çevrilmiştir. Meşcere orta çapı da, göğüs yüzeyi orta ağacı çapı olarak hesaplanmıştır. Landsat ETM+ uydu görüntüsü analize tabi tutulmadan önce bilgisayar ortamında bazı ön işlemler yapılmıştır.

## 2.3. Landsat ETM+ Uydu Görüntüsünün Geometrik Olarak Düzeltilmesi

Landsat ETM+ uydu görüntüsü üzerinde geometrik olarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Düzeltme işlemi, orijinal uydu verisindeki eğilme büzülmelerin ortadan kaldırılacak şekilde giderilerek harita düzeninde kullanımına hazır hale getirmektedir. Geometrik düzeltme işleminde uydu görüntüsü ile dönüştürülmesi istenen koordinat sistemi için datum ve yer kontrol noktaları belirlenmesi gerekmektedir. Yer kontrol noktaları için 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan temin edilmiştir. Yol kesişim yerleri, yol-dere kesişim

yerleri gibi yapay detaylar YKN olarak belirlenmiştir. Yer kontrol noktalarında, noktaların görüntü üzerine mümkün şekilde homojen olarak dağıtmaya çalışılmıştır. Geometrik dönüşümü için uzaktan algılama verilerinin maksimum karesel ortalama hata (RMSE) miktarı 0,5 piksel olarak kabul edilmektedir (Jensen 1996. Armston et al. 2002. Çakır 2006). Geometrik düzeltme de Landsat ETM+ uydu görüntüsünün RMSE hatası 1 pikselden düşük olacak biçimde düzenlenmiştir.

## 2.4. Landsat ETM+ Uydu Görüntüsünün Radyometrik Olarak Düzeltmesi

Radyometrik düzeltmede yeryüzünde meydana gelen yansımalar ve arazi yüzeyinden kaynaklanan aydınlatma koşullarında atmosferin etkisinden kaynaklanan hatalı piksellerin değer yönünden düzeltilmesi amacıyla yapılan matematiksel çalışmalardır. Dağlık ve eğimli arazilerde topoğrafik yapıdan kaynaklanan etkiyi azaltmak için yapılmaktadır. Bu yöntemler görüntüleri normale dönüştürme işlemini gerçekleştirmektedir. Bunun için gerekli parametreler, veri alımı esnasında güneşin azimuth değeri, güneşin yükselti derecesi ve orijinal uydu görüntüsünden meydana gelmektedir. Erdas Imagine 2014 yazılım programından yararlanılarak Landsat ETM+ uydusu bant oranları yöntemi kullanılarak radyometrik düzeltme yapılmıştır.

## 2.5. Landsat ETM+ Uydu Görüntüsünden Bant Parlaklık Değerlerinin Elde Edilmesi

Radyometrik ve geometrik düzeltmesi yapılan Landsat ETM+ uydu görüntüsüne ait bantlar (ETM 1, ETM 2, ETM 3, ETM 4, ETM 5 ve ETM 7) birleştirilerek görüntüler bir bütün şekline dönüştürülmüştür. Landsat ETM+ uydu görüntüsü üzerine, örnek alanların koordinat değerleri girilerek örnek alanlar görüntü üzerine aktarılmıştır. Örnek alanlara ilişkin olarak Landsat ETM+ görüntüsünün bantlar üzerindeki parlaklık değerleri her biri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Örnek alana ait verilerde uydu görüntüsü üzerine tekabül eden pikselin etrafındaki 9 (3x3) pikselin parlaklık değerlerinin ortalaması olacak şekilde hesaplanmıştır (şekil 2).

a	b	c
d	x	e
f	g	h

şekil 2. Örnek alan ve çevresindeki piksel parlaklık değerleri

a, b, c, d, e, f, g, h ve x piksellerin parlaklık değerleri. X (örnek alan) ölçme yapılan pikselin parlaklık değeri olmak üzere;

$$X = \frac{a+b+c+d+e+f+g+h+x}{9} \quad (2)$$

Yukarıdaki formül eşliğinde her bir örnek alana ait Landsat ETM+ uydu görüntüsünün ilgili bantlarındaki parlaklık değerleri hesaplanarak bulunmuştur. Landsat ETM+ uydu görüntüsünün ilgili bantlarından elde edilen parlaklık değerlerinden yararlanarak vejetasyon indis değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan vejetasyon indisleri ve formülleri Çizelge 1'de verilmiştir.

## 2.6. İstatistiksel Analiz

Meşcere parametreleri (meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi, meşcere orta çapı ve ağaç sayısı) ile Landsat ETM+ uydu görüntüsündeki parlaklık değerleri arasındaki istatistiksel ilişkileri modellenmesi için çoğul regresyon analizi kullanılmıştır. Çoğul regresyon modellerinde; meşcere parametreleri (meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, göğüs yüzeyi orta ağacı çapı ve ağaç sayısı) bağımlı değişken iken Landsat ETM uydu görüntüsüne ait altı bantın parlaklık değerleri (ETM 1, ETM 2, ETM 3, ETM 4, ETM 5 ve ETM 7) ile bu bantlardan yararlanılarak elde edilen vejetasyon indis değerleri de bağımsız değişkendir. Çalışmada kullanılan veriler; uzaktan algılama verilerini bağımsız değişken olarak kullanan modellerin parametrelerinin tahmininde (modeling data) ve bu tahminlerin çalışmaya konu meşcerelere uygunluğunun denetiminde kullanılan veriler (validation data) olmak üzere veriler rastgele iki gruba ayrılmıştır. I. grupta toplam verinin yaklaşık % 85'i (n=569 örnek alan), II. grupta ise yaklaşık % 15'i (n=100 örnek alan) bulunmaktadır.

Meşcere özelliklerini çeşitli bantlardaki parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerleri kullanılarak elde edilen bazı vejetasyon indis değerlerine ilişkin regresyon model yapısı aşağıda verilmiştir.

$$\text{Meşcere Parametresi} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n + \epsilon \quad (3)$$

Eşitlik 3'te  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  denklem parametreleri.  $X_1, X_2, \dots, X_n$  uzaktan algılama verisi olarak kullanılan uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerlerinin kullanılmasıyla elde edilen vejetasyon indislerine ilişkin değerleri,  $\epsilon$ ; ise model hatasını ifade etmektedir. Bu denklemlere ilişkin katsayılar, katsayıların önemlilik düzeyleri ve diğer istatistiklerin hesaplanmasında SPSS 12.0 adlı paket programı kullanılmıştır (SPSS 12.0 Inc. 2003). Uzaktan algılama verilerine bağlı olan farklı bağımsız değişkenlerden meşcere özelliklerini tahmin etmede %95 güvenle anlamlı olanların belirlenmesinde, değişken seçim yöntemlerinden aşamalı değişken seçimi (Stepwise) yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan vejetasyon indisleri

Vejetasyon İndisleri	Formülü
NDVI	$(ETM\ 4 - ETM\ 3) / (ETM\ 4 + ETM\ 3)$
ND53	$(ETM\ 5 - ETM\ 3) / (ETM\ 5 + ETM\ 3)$
ND54	$(ETM\ 5 - ETM\ 4) / (ETM\ 5 + ETM\ 4)$
ND57	$(ETM\ 5 - ETM\ 7) / (ETM\ 5 + ETM\ 7)$
ND32	$(ETM\ 3 - ETM\ 2) / (ETM\ 3 + ETM\ 2)$
ND73	$(ETM\ 7 - ETM\ 3) / (ETM\ 7 + ETM\ 3)$
NDWI	$(ETM\ 4 - ETM\ 5) / (ETM\ 4 + ETM\ 5)$
ARVI	$(ETM\ 4 - 2(ETM\ 3) + (ETM\ 2) / (ETM\ 4) + 2(ETM\ 3) - (ETM\ 2))$
ASVI	$((2(ETM\ 4) - \sqrt{(2(ETM\ 4) + 1)^2 - 8(ETM\ 4) - 2(ETM\ 3) + (ETM\ 2)^2}) / 2)$
MSAVI	$((2(ETM\ 4) + 1) - \sqrt{(2(ETM\ 4) + 1)^2 - 8((ETM\ 4) - 2(ETM\ 2))}) / 2)$
DVI	$(ETM\ 4) - (ETM\ 3)$
NR	ETM4-ETM2
SR43	ETM4/ETM3
SR53	ETM5/ETM3
SR54	ETM5/ETM4
VIS123	$(ETM\ 1) + (ETM\ 2) + (ETM\ 3)$
MID57	$(ETM\ 5) + (ETM\ 7)$
Albedo	$(ETM\ 1) + (ETM\ 2) + (ETM\ 3) + (ETM\ 4) + (ETM\ 5) + (ETM\ 7)$
IPVI	$ETM\ 5 / (ETM\ 5 + ETM\ 3)$
RVI	$ETM\ 5 / ETM\ 3$
EVI	$(ETM\ 5 - ETM\ 3) / (ETM\ 4 + C1 * ETM\ 2) - (C2 * ETM\ 2 + L) * (1 + L)$
SAVI	$(ETM\ 4 - ETM\ 3) * (1 + L) / (ETM\ 4 + ETM\ 3 + L)$

NDVI: Normalize Edilmiş Bitki İndeksi, NR: Normalize Edilmiş Red, DVI: Bitki Ayrım İndeksi, SAVI: Toprak Etkisi Azaltılmış Vejetasyon İndeksi, ND: Normalize Edilmiş Fark, ARVI: Atmosferik Dayanıklı Bitki İndeksi, ASVI: Atmosferik ve toprak bitki örtüsü indeksi, NDWI: Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi, VIS: Görünür Dalga Boyları, MID: Orta Kızılötesi dalga boyları, IPVI: Kızılötesi yüzde vejetasyon indeksi, RVI: Oranı Vejetasyon İndeksi, MSAVI: Değiştirilmiş Toprak Etkisi Azaltılmış Vejetasyon İndeksi, EVI: Gelişmiş Vejetasyon İndeksi, L=0.5, C1=6.0, C2=7.5

### 3. BULGULAR VE SONUÇLAR

#### 3.1. Regresyon Modellerine İlişkin Bulgular

Bu çalışmada her bir örnek alan için Landsat ETM uydu görüntüsünün ilgili bantlarından elde edilen bant parlaklık değerleri ile bant parlaklık değerlerinin kullanılması ile hesaplanan vejetasyon indis değerleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi yardımıyla modellenmiştir. Her bir meşcere parametresine ilişkin elde edilen modeller Çizelge 2–9’da gösterilmiştir. Şekil 3 ve 4’te ise hataların dağılımları verilmiştir.

Çizelge 2. Meşcere göğüs yüzeyi orta ağacı çapı bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart Hata	t-istatistiği	P
Sabit katsayı	99.403	4.086	24.326	0.000
ETM1	-1.6148	0.111	-14.611	0.000
ETM3	0.5722	0.138	4.144	0.000
ETM4	-0.1266	0.033	-3.853	0.000
ETM5	-0.1698	0.059	-2.886	0.004
ETM7	0.7545	0.138	5.793	0.000
$R^2 = 0.488$ $S_{yx} = 3.639$				

Çizelge 3. Meşcere göğüs yüzeyi orta ağacı çapı vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart Hata	t-istatistiği	P
Sabit katsayı	29.7921	0.946	31.486	0.000
SR53	6.4226	0.523	12.282	0.000
ASVI	-0.3526	0.022	-15.763	0.000
$R^2 = 0.525$ $S_{yx} = 2.0509$				

Çizelge 4. Meşcere göğüs yüzeyini bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart Hata	t-istatistiği	P
Sabit katsayı	112.8074	6.223	18.126	0.000
ETM1	-1.8721	0.170	-10.995	0.000
ETM3	1.1813	0.137	8.654	0.000
ETM4	-0.2157	0.033	-6.474	0.000
$R^2 = 0.409$ $S_{yx} = 5.9043$				

Çizelge 5. Meşcere göğüs yüzeyini vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart Hata	t-istatistiği	P
Sabit katsayı	56.9987	4.472	12.746	0.000
ARVI	-26.6969	9.799	-2.724	0.007
MSAVI	19.6109	6.463	3.034	0.003
NR	-0.2838	0.021	-13.741	0.000
$R^2 = 0.479$ $S_{yx} = 3.7959$				

Çizelge 6. Meşcere ağaç sayısını bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart Hata	t-istatistiği	P
Sabit katsayı	-415.1085	97.239	-4.269	0.000
ETM1	22.1003	2.054	10.759	0.000
ETM5	3.9064	1.112	3.512	0.001
ETM7	-20.1298	2.515	-8.003	0.000
R <sup>2</sup> = 0.367 Syx = 87.7536				

Çizelge 8. Meşcere hacmini bant parlaklık değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

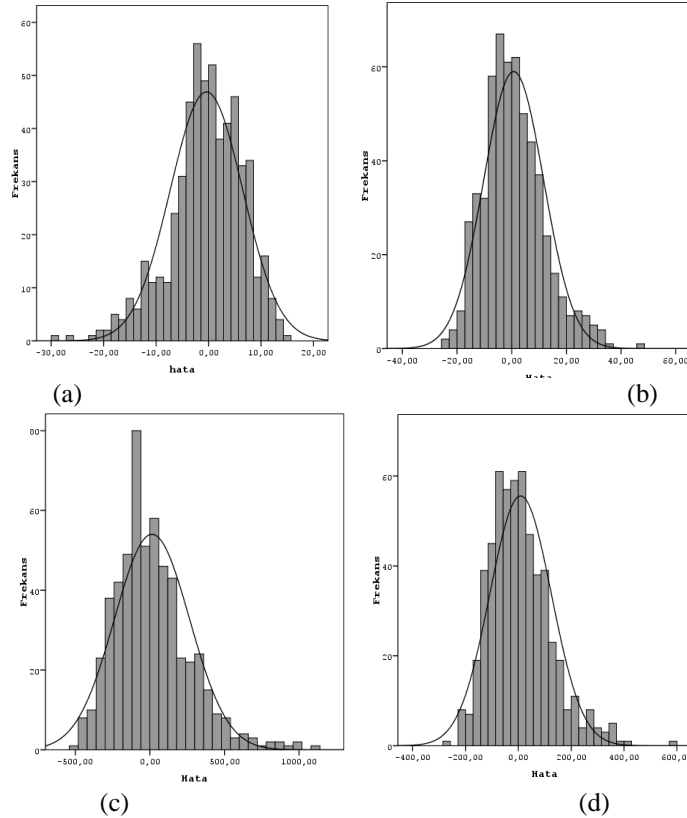
Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart Hata	t-istatistiği	P
Sabit katsayı	1342.5602	68.403	19.627	0.000
ETM1	-25.4423	1.852	-13.736	0.000
ETM3	16.8752	1.454	11.607	0.000
ETM4	-2.2424	0.352	-6.37	0.000
R <sup>2</sup> = 0.453 Syx = 63.3279				

Çizelge 7. Meşcere ağaç sayısını vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

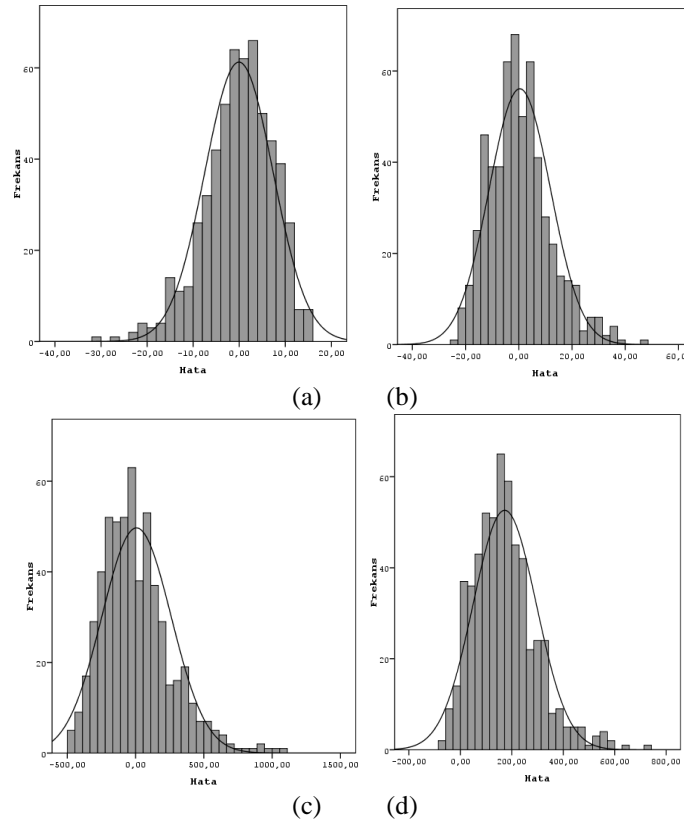
Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart Hata	t-istatistiği	P
Sabit katsayı	307.4153	35.419	8.674	0.000
ND73	-788.5093	60.099	-13.120	0.000
ASVI	3.9574	0.597	6.625	0.000
R <sup>2</sup> = 0.446 Syx = 66.0039				

Çizelge 9. Meşcere hacmini vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart Hata	t-istatistiği	P
Sabit katsayı	302.7737	52.933	5.720	0.000
SR43	161.9166	18.071	8.960	0.000
SR53	132.5869	52.725	2.515	0.012
SR54	167.3321	83.346	2.008	0.046
ND53	-1192.3411	319.657	-3.730	0.000
ND32	1229.0079	160.795	7.643	0.000
ND73	211.0913	90.107	2.343	0.020
ASVI	-36.5423	4.024	-9.080	0.000
MSAVI	799.6131	106.617	7.500	0.000
NR	18.5195	3.663	6.953	0.000
R <sup>2</sup> = 0.587 Syx = 45.8345				



Şekil 3. Band değerlerini esas alan meşcere orta çapı (a) göğüs yüzeyi (b) ağaç sayısı (c) ve meşcere hacmi (d) modellerine ilişkin hataların normal dağılıma göre dağılımları



Şekil 4. Vejetasyon indis değerlerini esas alan meşcere orta çapı (a) göğüs yüzeyi (b) ağaç sayısı (c) ve meşcere hacmi (d) modellerine ilişkin hataların normal dağılıma göre dağılımları

Şekil 3 ve 4 incelendiğinde; hataların normal dağılıma benzer bir dağılıma sahip oldukları belirlenmiş olup; bu bakımdan uzaktan algılama verileri ile tahminlerin regresyon analizi varsayımlarını karşıladığı görülmektedir. Uzaktan algılama verileri ile elde edilen tahminlerin verilerin alındığı meşcereler için uygun olup olmadığının testi toplam verinin yaklaşık % 15’ni oluşturan veriler (n=100) yardımıyla yapılmıştır. Denetimde kullanılan bu örnek alanların (100 örnek alan) en başarılı belirlenen modeller kullanılarak elde edilen tahmin değerleri ile arazideki gözlem değerleri “Eşlendirilmiş İki Örnek testi (Paired t test)” kullanılarak karşılaştırılmıştır (Kalıpsız, 1988; Batu, 1995). Yapılan bu karşılaştırma ile band değerlerinin bağımsız değişken olarak kullanan meşcere orta çapı için; t istatistiği=0,628 olarak hesaplanmış olup bu istatistiğe ilişkin önem düzeyi p=0,531 vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak kullanan meşcere orta çapı modeli için ise t istatistiği=-0,375 ve önem düzeyi p=0,709 olarak belirlenmiştir. Band değerlerinin bağımsız değişken olarak kullanan meşcere göğüs yüzeyi için t istatistiği=1,949 olarak hesaplanmış olup bu istatistiğe ilişkin önem düzeyi p=0,054 ve vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak kullanan meşcere göğüs yüzeyi

modeli için ise t istatistiği=1,334 ve önem düzeyi p=0,185 olarak elde edilmiştir. Band değerlerinin bağımsız değişken olarak kullanan meşcere ağaç sayısı için t istatistiği=2,170 olarak hesaplanmış olup bu istatistiğe ilişkin önem düzeyi p=0,032 vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak kullanan meşcere ağaç sayısı modeli için ise t istatistiği=2,032 ve önem düzeyi p=0,045 olarak ortaya konulmuştur. Band değerlerinin bağımsız değişken olarak kullanan meşcere hacmi için t istatistiği=1,867 olarak hesaplanmış olup bu istatistiğe ilişkin önem düzeyi p=0,065 vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak kullanan meşcere hacmi modeli için ise t istatistiği=1,039 ve önem düzeyi p=0,301 olarak belirlenmiştir. Böylece bu çalışmada belirlenen en başarılı modeller ile elde edilen model tahminlerinin meşcere ağaç sayısı hariç meşcere orta çapı, meşcere göğüs yüzeyi ve hacmi için örnek alanların alındığı meşcereleri için istatistiksel olarak uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 4. TARTIşMA

Bu çalışmada; yersel ölçümler sonucu elde edilen meşcere parametreleri (meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi, meşcere göğüs yüzeyi orta ağacı çapı ve ağaç sayısı) ile Landsat ETM+ uydu görüntüsünün ETM 1, ETM 2, ETM 3, ETM 4, ETM 5 ve ETM 7 bantlarından elde edilen parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerlerinin kullanılmasıyla elde edilen vejetasyon indis değerleri arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Dünya literatürüne bakıldığında bu konuya ait yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Dees et al. (1998) tarafından yapılmış bir çalışmada, Almanya'da ibreli ormanlarda meşcere hacmine ait Landsat TM uydu görüntüsünün 6. band değerinin bağımsız değiken olarak kullanan regresyon analizi ile  $R^2=0.532$ 'lik bir ilişkli elde etmiştir. Yeşil et al. (1999) İşstanbul-Gaziosmanpaşa yaptıkları bir çalışmada, Landsat TM uydu görüntüsünün; TM 2, TM 3, TM 4 ve TM 5'deki parlaklık değerleri kullanılarak ağaç serveti ile parlaklık değerleri arasında çoklu regresyon analizi yapılmış ve  $R^2 = 0,59$  olarak elde edilmiştir. Pühr and Donoghue (2000) tarafından yapılan çalışmada, İşkoya'nın güney batısında yer alan ibreli ormanlarda Landsat TM uydu görüntüsüne ait TM 3, TM 5 ve TM 7 bant parlaklık değerleri ile göğüs yüzeyi arasında  $R^2=0,77$ 'lik bir istatistiksel ilişki elde etmiştir. Özdemir (2003), ağaç servetinin bulunması amacıyla, Belgrad ormanlarında Landsat TM uydu görüntüsü kullanılarak TM 4 parlaklık değerleri ile meşcere hacmi arasında  $R^2=0.56$ 'lık bir ilişki bulmuştur. Mallinis et al. (2003) yaptığı çalışmada, Landsat TM uydu görüntüsüne ait TM 2, TM 3, TM 4 ve TM 5 parlaklık değerleri ile meşcere hacmi arasında,  $R^2=0.183$ 'lük bir ilişki elde etmiştir. Özkan (2003) tarafından yapılan çalışmada, SPOT-5 uydu görüntüsünü kullanarak elde ettiği TM 4 parlaklık değerleri ile ağaç serveti arasındaki  $R_a^2=0,55$ 'lık bir ilişki elde etmiştir.

İnan (2009) tarafından yapılan çalışmada Landsat ETM+ uydu verilerine ait ETM 1-5 ve ETM 7 değerleri ile elde edilen 25 farklı vejetasyon indis değerleri ile yerel ölçümlerle elde edilen göğüs yüzeyi, hacim, meşcere orta boyu ve orta çap verileri ile arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Meşcere göğüs yüzeyi band parlaklık değerlerine göre ETM 5 bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde  $R^2=0,81$  tespit edilirken, vejetasyon indislerine göre Albedo bağımsız değişkenine yer aldığı modelde  $R^2=0,81$  elde edilmiştir. Meşcere hacmini band parlaklık verilerine göre ETM 5 bağımsız değişkeninin yer

aldığı modelde  $R^2=0,82$  tespit edilirken, vejetasyon indislerine göre Albedo bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde  $R^2=0,84$  tespit edilmiştir. Bu çalışmalarda meşcere hacmini ve göğüs yüzeyini ETM 2 ve ETM 7 bağımsız değişkenlerinin yer aldığı modelde ise  $R^2=0,532$  tespit edilmiştir. Ateşoğlu (2009) Bartın Muga da yaptığı çalışmada Landsat 7 ETM+ uydu verilerini kullanarak meşcere göğüs yüzeyi, hacim ve ağaç sayısını tahmin etmeye çalışmıştır. Elde edilen sonuçlara göre göğüs yüzeyi TK2, ETM4 ve Albedo bağımsız değişkenlerin bulunduğu modelde  $R^2=0,778$ , meşcere hacmini TK2 bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde  $R^2=0.518$  ve ağaç sayısını LAI bağımsız değişkenin yer aldığı modelde  $R^2=0,325$  olarak elde edilmiştir. Mohammadi et al. (2010) Landsat ETM+ uydu görüntüsü üzerinde yaptıkları çalışmada ağaç sayısını ve meşcere hacmini tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda ağaç sayısı için ETM 4 ve ETM 5 bağımsız değişkenlerinin olduğu modelde  $R^2=0,734$  ve meşcere hacmi DVI bağımsız değişkenin olduğu model de ise  $R^2=0,43$  olarak tespit edilmiştir.

Günlü et al. (2012) Landsat TM uydu görüntüsünü kullanarak yaptıkları çalışmada göknar meşcerelerinde hacim tahmini yapmaya çalışmışlardır. Sonuçlara göre en iyi sonuç TM 2 ve TM 4 bağımsız değişkenin olduğu modelde  $R^2=0,54$  tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda oluşturulan modelde sırasıyla  $R^2=0,70$ ,  $R^2=0,80$  ve  $R^2=0,46$ 'lık ilişkiler elde edilmiştir. Günlü et al. (2013) Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu verilerinde yaptıkları çalışmada kayın meşcerelerinde meşcere hacmi tahmini yapmaya çalışmıştır. alışmalar sonucunda Quickbird uydu verilerinin Band 1, Band 2, Band 3 ve Band 4 bağımsız değişkenine ait regresyon ile meşcere hacmi arasında  $R^2=0,70$  tespit edilirken, Landsat 7 ETM+ uydu verilerinde ise ETM2, ETM3 ve ETM4 bağımsız değişkenine göre  $R^2=0,545$  olarak elde edilmiştir.

Kahrıman et al. (2014) tarafından yapılan çalışma da Landsat TM uydusu görüntüsü kullanılmasıyla meşcere ağaç sayısı ve kapalılığı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu alışmada Band 1, Band 2 ve Band 4 bağımsız değişkenlerinin yer aldığı modelde meşcere kapalılığı için  $R^2=0,61$  ve Band 1 bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde ağaç sayısı için ise  $R^2=0,613$  düzeyinde başarı elde edilmiştir. Yine bu çalışmaya ait SR ve DVI bağımsız değişkeninin yer aldığı modelde meşcere kapalılığı için  $R^2=0,674$  ve DVI ile SAVI bağımsız değişkeninin yer aldığı model de ise ağaç sayısı için  $R^2=0,702$  düzeyinde tespit edilmiştir. il (2014) sarıçam meşcerelerinin



ağırlıkta olduğu Kelkit (Gümüşhane) ve göknar meşcerelerinin ağırlıkta olduğu İğdir (Kastamonu) orman işletme şefliklerinden seçilen alanlarda; Rasat, Göktürk-2 ve dijital hava fotoğrafları ile Landsat-8 ve Worldview-2 uydu verileri kullanılarak meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı için oluşturulan modellerde en yüksek tahminleri veren uydu görüntüsü Landsat-8 uydusu olmuştur. Kelkit çalışma alanı için göğüs yüzeyi ve hacim için düzeltilmiş belirtme katsayıları sırasıyla 0,49 ve 0,50 bulunmuş, İğdir çalışma alanı için ise 0,43 ve 0,48 değerleri bulunmuştur. Ayrıca, Çil (2015) tarafından Tetik Orman İşletme Şefliği sınırları içinde yapılan çalışmada bazı meşcere özellikleri ile Göktürk-2, Rasat ve Landsat 8 uydu görüntüleri ile dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğrafları arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile ortaya koymuştur. Göktürk-2 uydu görüntüsü piksel değerleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda en iyi tahmin sonucunu veren değer 0,54 belirtme katsayısı ile ağaç sayısında olmuştur. Yapılan literatür incelemelerinde, genellikle modellerin tahmin gücünün %40 ile %70 arasında değiştiği görülmüştür.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, Landsat ETM uydu görüntüsüne ait ETM 1, ETM 2, ETM 3, ETM 4, ETM 5 ve ETM 7 bantlarından elde edilen parlaklık değerleri ve bant parlaklık değerlerinin kullanılmasıyla elde edilen vejetasyon indis değerleri ile yersel ölçümlerden elde edilen meşcere parametreleri (meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, göğüs yüzeyi orta ağacı çapı ve ağaç sayısı) arasındaki ilişkiler çoklu regresyon yöntemiyle tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde her bir meşcere parametresi için vejetasyon indisleri kullanılarak elde edilen modellerin, bant parlaklık değerleri kullanılarak elde edilen modellerden daha başarılı olduğu görülmüştür. Çalışma alanı olan Reşadiye Orman İşletme Şefliği için vejetasyon indisleri kullanılarak elde edilen modeller çalışma alanına yakın benzer orman ekosistemlerinde kullanılabilir. Bununla birlikte, farklı çözünürlüklere (özellikle yüksek çözünürlüklü) sahip farklı uydu görüntüleri farklı orman ekosistemlerinde kullanarak elde edilecek sonuçlar ışığında daha sağlıklı tahminler elde edilebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada Envanter verilerinin elde edilmesinde yardımlarını esirgemeyen Orman Genel Müdürlüğü'ne bağlı Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı'na ve Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne çok teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Armston, J.D., Danaher, T.J., Goulevitch, B.M. and Byrne, M.I., 2002. Geometric correction of Landsat MSS. TM and ETM+ Imagery for mapping of woody vegetation cover and change detection in Queenlands, <http://www.nrm.gld.gov.au/slots/pdf/0078anav.pdf>.
- Ateşoğlu, A., 2009. Farklı uydu görüntü verileri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkilerin araştırılması (Bartın-Mugada Örneği). Doktora tezi. Bartın Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. 111s.. Bartın.
- Botkin, D.B., Estes, J.E., McDonald, R.M. and Wilson, M.V., 1984. Studying the Earth's vegetation from space, *Bioscience*, 34, 508-514.
- Çakır, G., 2006. Orman amenajman planlamasında gerekli bilişimin sağlanması için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi tekniklerinden yararlanılması, Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. 127s.. Trabzon.
- Çil, B. 2014. Bazı meşcere parametrelerinin farklı uydu görüntüleri yardımıyla tahmin edilmesi. Yüksek lisans tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Çil, B., Karahalil, U. ve Karlı, F.. Uzaktan algılama verileri yardımıyla bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi: Kütahya/Tetik planlama birimi örneği. TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu. 21-23 Mayıs 2015.Konya.
- Dees, M., Pelz, D.R. and Koch, B., 1998. Integrating satellite based forest mapping with Landsat TM in a concept of a large scale forest information system, *Photogrametrie, Fernerkundung, Geoinformation*, 209-220.
- Elijah, W., Ramsey, M. and Sensen, J.R., 1996. Remote sensing and mangrove wetlands relating canopy spectra to site-specific data, *Photogrammetric Engineering&Remote Sensing*, 62, 8, 939-948.
- Gebreslasie, M.T., Ahmed, F.B. and Van Aardt, J.A.N., 2010. Predicting forest structural attributes using ancillary data and Aster satellite data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12: 23-26.
- Günlü, A., Sivrikaya, F., Başkent, E.Z., Keleş, S., Çakır, G. and Kadioğulları A.İ., 2008. Estimation of stand type parameters and land cover using Landsat 7 ETM+ image: A case study from Turkey, *Sensors*, 8: 2509-2525

Günlü, A., Ercanlı, İ., Şenyurt, M. ve Yayla, A. T., 2012. Modeling stand volume using Landsat TM data for fir stands (*Abies bornmuelleriana* Matth.) located in Buyukduz planning unit, TURKEY, 14th international fir symposium”to be held by Kastamonu University in Kastamonu, Turkiye (TURKEY) between 12 and 14 of September.

Günlü, A., Ercanlı, İ., Başkent, E. Z. ve Şenyurt, M., 2013. Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydugörüntüleri kullanılarak Ayancık-Göldağ kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde hacim tahmini, S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 14, 24-30.

Hyypä, J., Hyypä, H., Inkinen, M., Engdahl, M., Linko, S. and Zhu, Y., 2000. Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes, *Forest Ecology and Management*, 128: 109-120.

İnan, M., 2004. Orman varlığının saptanmasında uzaktan algılama verileri, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 142 s., İstanbul.

İnan, M., 2009. Uzaktan algılama verileri ve orman meşcerelerine ait dendrometrik elemanlar arasındaki spektral ilişkiler, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt: XXII, Sayı:3

Jensen, R.J., 1996. Introductory digital image processing, A Remote Sensing Perspective, 2nd edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, ISBN 0-13-205840-5, USA, 318 s.

Kalıpsız, A., 1988. Orman Hasılat Bilgisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3516/397, İstanbul.

Kahrıman, A., Günlü, A. and Karahalil, U., 2014. Estimation of crown closure and tree density using Landsat TM satellite images in mixed forest stands, "Journal of the Indian Society of Remote Sensing", Indian Society of Remote Sensing, DOI 10.1007/s12524-013-0355-3

Köse, S., Çakır, G., Sönmez, T. ve Sivrikaya, F., 2002. Uzaktan algılamanın orman amenajman planlamasında ve bilgi sistemleri kurulmasındaki önemi, Orman amenajmanında kavramsal açılımlar ve yeni hedefler, Evcimen Sempozyumu, 148-157, İstanbul.

Mallinis, G., Koutsias, N., Makras, A., Karteris, M., 2003. Forest parameters estimation in a European Mediterranean landscape using remotely sensed data, *Forest Science*, 50(4), 450– 460

Mohammadi, J., Joibary, S.S., Yaghmaee, F. and Mahiny, A.S., 2010. Modeling forest stand volume and tree density using Landsat ETM data, *International Journal of Remote Sensing*, 31: 2959-2975.

Musaoğlu, N., 1999. Elektro-optik ve aktif mikrodalga algılayıcılardan elde edilen uydu verilerinden orman alanlarında meşcere tiplerinin ve yetiştirme ortamı birimlerinin belirlenme olanakları, Doktora tezi, İTÜ, İstanbul.

OGM, 2012. Reşadiye Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Özdemir, İ., 2003. Üç aşamalı örnekleme metodu ve bölgesel (Doğu Marmara Bölgesi) Orman envanterinde uygulanması, Doktora tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 128 s., İstanbul.

Özkan, U.Y., 2003. Uydu görüntüleri yardımıyla meşcere parametrelerinin kestirilmesi ve orman amenajmanında kullanılması olanakları, Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 70s., İstanbul.

Puhr, C.B. and Donoghue, D.N.M., 2000. Remote sensing of upland conifer plantations using Landsat TM data: A Case Study from Galloway, South-West Scotland, *International Journal of Remote Sensing*, 21, 633-646.

SPSS Institute Inc., 2007. SPSS Base 12.0 User's Guide, 703 s.

Varjo, J., 1995. Forest change detection by satellite remote sensing in eastern Finland, *ears el advances in Remote Sensing*, 4, 3.

Yeşil, A., Asan, Ü., Coskun, G., Örmeci, C. and Kaya, S., 1999. Statically modeling and stand type forest mapping selected area around İstanbul using Landsat-TM and Spot Data, *Proceedings of the International Symposium On Remote Sensing & Integrated Technologies*, 151-162, İstanbul.

Yılmaz, C., 2017. Landsat TM uydu görüntüsü yardımıyla bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi (Reşadiye Orman İşletme Şefliği Örneği), Yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Çankırı.